

Indikasi mineralisasi epitermal emas bersulfida rendah, di Wilayah Kecamatan Bonjol, Kabupaten Pasaman, Sumatera Barat

HAMDAN Z. ABIDIN dan BHAKTI H. HARAHAAP

Pusat Survei Geologi, Jln. Diponegoro No. 57, Bandung, Indonesia

SARI

Daerah termineralisasi emas Bonjol, yang dikenal sebagai bekas tambang Belanda, terdiri atas beberapa tubuh endapan bijih (Malintang, Balimbing, Lubang Sempit, Lubang Belanda, dan Lubang Perak). Cebakan ini terdapat dalam batuan gunung api terubah Formasi Gunung Amas yang berumur Miosen Awal ($9,3 \pm 0,4$ - $11,9 \pm 1,0$ Ma). Formasi batuan ini telah mengalami ubahan dari sedang sampai sangat kuat. Mineralogi cebakan emas ini terdiri atas emas dan perak dengan sedikit pirit, sfalerit, kalkopirit, galena, dan mangan. Selain itu, dijumpai pula hematit, jarosit, dan kopelit sebagai mineral supergen. Mineral bijih terdapat dalam urat kuarsa dengan ukuran berkisar dari beberapa sentimeter sampai 10 meter. Urat-urat kuarsa ini mencirikan tekstur perulangan perlapisan, sisir, berlubang, buah anggur, berlapis dan *bladed*. Kuarsa adalah mineral yang paling dominan sebagai ubahan hidrotermal serta diikuti oleh illit, dikit, monmorilonit, kaolinit, klorit, smektit, natrolit, nontronit, kalsit, halloisit, paligorskit, muskovit, spiolit, analsim, heulandit, klino-klor, zirkon, zoisit, laumontit, alunit, biotit, dan erionit. Hadirnya mineral hidrotermal ini dapat digolongkan ke dalam jenis propilik, argilik, dan argilik lanjut. Hasil analisis urat kuarsa menunjukkan kadar emas yang relatif tinggi (0,3%) dan perak (400 ppm). Sebaliknya kandungan mineral sulfida (Cu, Pb, dan Zn) sangat rendah (< 100 ppm). Penelaahan data geologi, mineralogi, tekstur, dan ubahan hidrotermal memberikan kesimpulan bahwa cebakan emas ini menunjukkan indikasi tipe epitermal sulfida rendah dalam Formasi Gunung Amas.

Kata kunci: emas, tipe epitermal, sulfida rendah, gunung amas, Bonjol

ABSTRACT

Bonjol gold prospect, known as Old Dutch Gold mine, consists of several ore bodies (Malintang, Balimbing, Lubang Sempit, Lubang Belanda and Lubang Perak). The deposit hosts within the altered volcanic rocks known as Gunung Amas Formation of Early Miocene age (9.3 ± 0.4 - 11.9 ± 1.0 Ma). This formation consists of various rock types such as rhyolitic tuff, volcanic breccia, dacitic tuffs and rhyolites. These rocks are moderate to strongly alter. Mineralogy of the deposit consists of gold and silver with minor pyrite, sphalerite and galena. Besides this, hematite, jarosite and manganese are also present as supergene minerals. Ore minerals are found within quartz veins ranging from few centimetres to tens of metres thick. The veins are characterized by crustiform, comb, vuggy, botryoidal, layering and bladed. Quartz is a dominant mineral as hydrothermal alteration in addition to illite, dickite, monmorillonite, kaolinite, chlorite, smectite, natrolite, nontronite, calcite, halloysite, palygorskite, muscovite, sepiolite, analcime, heulandite, clino-chlor, zircon, zoisite, laumontite, alunite, biotite and erionite. The presence of these secondary minerals could be classified into prophylic, argillic and advanced argillic types. Analytical result of gold-bearing quartz vein indicates higher content of gold (0.3%) and silver (400 ppm). In contrast, the content of sulphide minerals (Cu, Pb, and Zn) is very low (< 100 ppm). Combined geology, mineralogy, textures and alteration minerals, it is concluded that gold deposit in the area shows an indication of a low sulphidation epithermal type within Gunung Amas Formation.

Keywords: gold, low sulphidation, epithermal type, gunung amas, Bonjol

PENDAHULUAN

Cebakan emas Bonjol terdapat di wilayah Kecamatan Bonjol, Kabupaten Pasaman, Provinsi Sumatera Barat. Kota kecil Bonjol sudah dikenal sejak dahulu karena di kota inilah pejuang/pahlawan Tuanku Imam Bonjol berdomisili hingga akhir hayatnya. Lokasi cebakan emas Bonjol berada \pm 2 km sebelah timur kota Bonjol, tepatnya di desa Tanjung Bunga (Gambar 1). Pada bagian timurnya dijumpai cebakan emas Mangani (Kavalieris dkk., 1987).

Dalam beberapa dekade hingga sekarang, cebakan ini sangat dikenal karena telah menghasilkan cukup banyak logam emas. Salah satu cebakan (Balimbing) yang telah ditambang sejak pemerintahan Belanda (1931-1934), telah menghasilkan emas sebanyak 492 kg emas (Grey, 1935 dalam van Bemmelen, 1949). Namun sejauh itu, tidak ada informasi yang pasti berapa banyak emas yang diperoleh dari cebakan-cebakan lainnya, walaupun sampai sekarang kegiatan penambangan masih berlangsung. Saat ini, penambangan dilakukan oleh masyarakat setempat secara tradisional dengan membuat lubang-lubang vertikal dan horizontal sesuai dengan arah cebakan. Cebakan emas yang berasosiasi dengan urat kuarsa ini, terdapat dalam batuan gunung api berubah berupa tuf riolit dan riolit sperulit. Urat kuarsa berukuran dari beberapa senti-

meter sampai 10 meteran, namun tidak semua urat tersebut mengandung emas (termineralisasi). Secara umum, urat-urat kuarsa ini berarah U140T (Tubuh Malintang) sesuai dengan arah struktur regional Sumatera (Kavalieris, 1986).

Daerah penelitian, yang terletak di dalam zona Pegunungan Barisan (busur Sunda-Banda (Westerveld, 1952), dilalui oleh sesar besar Sumatera dan ditempati oleh batuan terobosan dan batuan gunung api (*volcano-magmatic arc*) yang berumur Pratersier sampai Tersier. Cebakan emas umumnya erat kaitannya dengan busur gunung api Tersier yang menempati Busur Sunda-Banda (Carlile and Mitchell, 1994). Ternyata, di sepanjang bagian barat busur Sunda-Banda ini dijumpai beberapa cebakan emas epitermal maupun logam dasar (Lebong Donok (Bengkulu); Salida dan Mangani (Sumatera Barat), Batang Toru, Dairi dan Latong (Sumatera Utara), dan Pongkor (Jawa Barat) (Bambang dan Koswara, 2001; Brian dkk., 2004; Crow dan Van Leeuwen, 2005; Abidin dkk., dalam persiapan).

Ada dua tipe cebakan emas epitermal yang sangat dikenal, yaitu emas epitermal sulfida rendah dan tinggi (Hayba dkk., 1985; Bonham, 1986; Heald dkk., 1987; White and Hedenquist, 1990; Almaden Minerals, 2007). Kedua tipe ini umumnya terdapat dalam batuan gunung api dan terbentuknya sebagai akibat proses kegiatan gunung api yang membawa larutan emas dan logam lainnya (Bronto dan Hartono, 2003; Almaden Minerals, 2007). Emas epitermal sulfida rendah (Bonham, 1986; Morisson dkk., 1990; White and Hedenquist, 1990; Almaden Minerals, 2007) dicirikan oleh kandungan sulfida (Pb-Zn) yang relatif rendah dan terdapat dalam bentuk urat, pengisian rongga dan urat menjaring (*stockworks*). Mineralnya berupa emas, perak murni, argentit, dan logam dasar. Ubahan hidrotermal yang sangat mencolok adalah hadirnya mineral adularia dengan tekstur mineral kuarsa berupa *bladed calcite*, sisir dan berlapis (Corbett dan Leach, 1995). Sumber larutan didominasi oleh air meteorik yang bersifat encer dengan pH yang hampir normal/netral. Transportasi larutan serta interaksi dengan batuan sampling relatif agak lama. Pendidihan (*boiling*) umum terjadi pada tipe emas epitermal sulfida rendah akibat terjadinya penghancuran (*fracturing*) oleh tekanan gas di bawah permukaan. Sebaliknya, cebakan emas epitermal sulfida tinggi dicirikan oleh kandungan



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian.

Walaupun cebakan emas Bonjol ini telah diketahui sejak Zaman Belanda, namun tidak ada penelitian-penelitian untuk mempelajari keberadaan cebakan tersebut secara terrinci, baik ditinjau dari segi genesisnya (hubungan dengan batuan terobosan atau batuan gunung api), maupun jenis ubahannya, tekstur mineral kuarsa dan bijih, jenis cebakan yang mengarah kepada tipe epitermal sulfida rendah atau sulfida tinggi. Sejauh itu, barulah perusahaan pertambangan (*mining companies*) yang tertarik untuk mengetahui sejauh mana nilai ekonomis (emas) di cebakan emas Bonjol ini. Grey, 1935 dalam van Bemmelen (1949) membuat beberapa catatan mengenai tubuh Balimbing. Kavalieris (1986) melakukan pemetaan geologi di daerah tubuh Balimbing. Tarmizi dan Saad (1986) melakukan penelitian singkat ke daerah tubuh Balimbing. Harris (1986) melakukan penelitian struktur di daerah Mangani dan Balimbing. Menurut informasi dari penduduk setempat, pada tahun 2002-2003 PT. Aneka Tam-

Tulisan ini mencoba mempelajari cebakan emas Bonjol di Kecamatan Bonjol, Kabupaten Pasaman, Sumatera Barat, berdasarkan ubahan hidrotermal, tekstur, dan mineralogi bijih untuk menunjang dugaan apakah cebakan ini termasuk cebakan epitermal sulfida rendah atau sulfida tinggi.

Pemercontohan dilakukan pada beberapa lubang tambang rakyat yang berlokasi di sekitar desa Tanjung Bunga, Kecamatan Bonjol. Namun, karena kebanyakan lubang terlalu sempit dan tersumbat oleh runtuhnya tanah, pengamatan terperinci singkapan batuan dalam lubang tidak bisa dilakukan. Percontohan batuan pada lubang-lubang tersebut hanya diambil dari *tailing* yang dibawa oleh para penambang.

Percontoh-percontoh terpilih berupa batuan terubah, batuan termineralisasi, batuan segar, dan urat kuarsa telah dianalisis di Laboratorium Pusat Survei Geologi untuk mengetahui mineral ubahan (Tabel 1 dan 2) dan kandungan mineral (AAS) (Tabel 3).

[illegible]

Tabel 2. Mineral Ubahan berdasarkan Hasil Uji ASD

Lokasi	Jenis mineral ubahan														
	Ch	Chl	I	Ct	Nat	Heu	Lau	An	K	D	Nt	M	Sp	Jar	Hal
05PDG78A															
05PDG80B															
05PDG81B															
05PDG82B															
05PDG83E															
05PDG84A															
05PDG85E															
05PDG86A															
05PDG87E															
05PDG88B															
05PDG89B															
05PDG92A															
05PDG94A															
05PDG95C															
05PDG96A															
05PDG97A															
05PDG99A															
05PDG100K															

Keterangan:

Ch=Klorit; Chl=Klinoklor; I=Ilit; Ct=Kalsit; Nat=Natrolit; Heu=Heulandit; An=Analsim; Lau=Laumontit; K=Kaolin; D=Dikit; Nt=Nontronit; M=Montmorilonit; Sp=Sepiolit; Jar=Jarosit; Hal=Halosit

Tabel 3. Kelimpahan Unsur berdasarkan Hasil Uji AAS

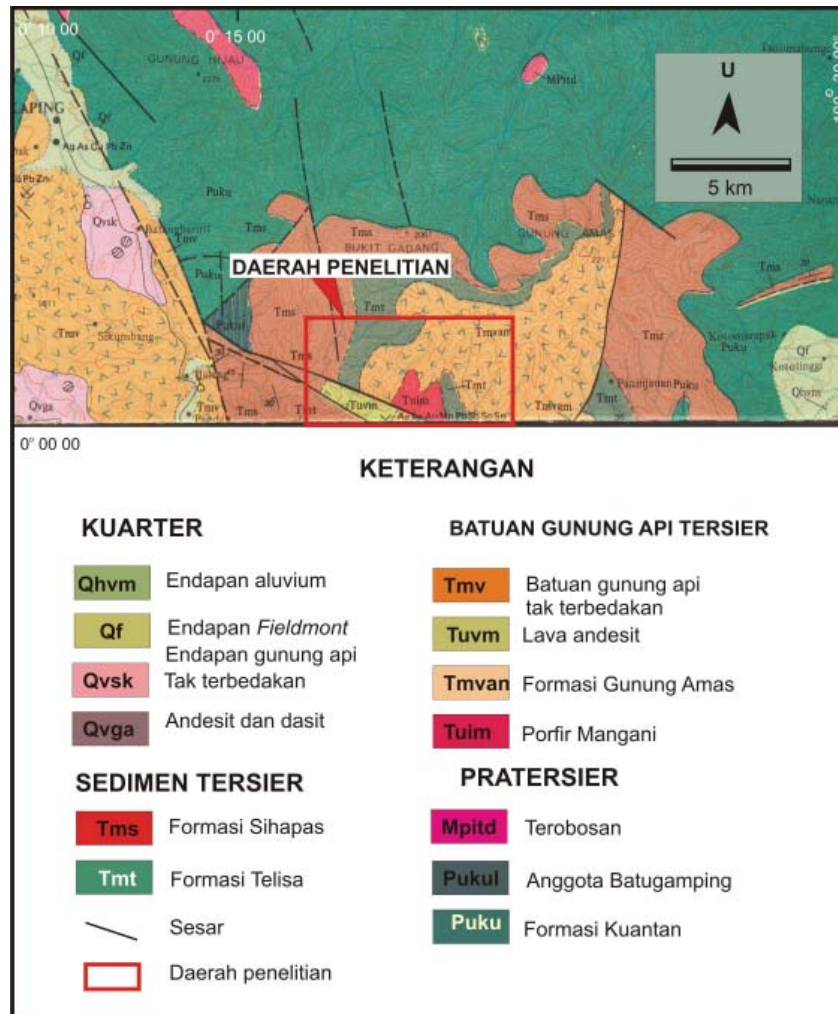
Lokasi	Kelimpahan Unsur (ppm)					
	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As
05PDG88F	0,07	0,05	4,5	15	11,4	4,2
05PDG89C	0,01	0,05	2,5	7	23,2	5,7
05PDG89D	0,915	1,35	5,2	6,8	20,2	2,4
05PDG89E	0,035	0,05	2	6,4	14,3	1,2
05PDG92E	0,28	0,1	3,4	3,8	4,8	0,6
05PDG94A	0,015	0,05	4,6	6,7	9,3	2,7
05PDG95A	0,014	5,6	5,6	6,9	5,5	6,3
05PDG95E	0,038	0,05	3,9	5,4	14,3	8,1
05PDG95G	0,115	5,8	4,6	5,8	12	6,9
05PDG95K	122,06	310,9	5,9	13	26,9	
05PDG95M	3631,2	417,2	28,6	13,5	54,2	
05PDG97A	0,011	16,7	4,1	5,3	22,1	3
05PDG98B	2,825	102	18,8	6,9	10,2	5,1
05PDG100A	0,06	2,8	4,3	4,9	10,3	8,1
05PDG100C	0,155	4	5,4	3	8	9,3
05PDG100E	0,043	0,8	5,1	3,6	9,8	3,6
05PDG100G	0,021	1,7	3,9	1	0,3	2,4
05PDG100J	0,025	0,9	4,1	6,6	10,1	2,1
05PDG100K	0,015	0,2	4,1	2,6	17,4	7,5
05PDG100M	0,065	0,8	4,9	1	3,5	3
05PDG100P	0,032	1,4	8,7	6,2	28,3	10,5
05PDG100N	0,07	0,2	9,5	1,9	4,1	3
05PDG101A	0,02	0,2	9	0,5	4,5	11,7
05PDG102B	43,5	0,1	5,9	1	6,5	13,5
05PDG102C	0,595	0,7	12,1	13,1	6,8	26,7
05PDG102D	0,032	0,05	5,9	2,3	4,8	6,9
05PDG102E	0,375	7,9	19,2	1,7	11,3	21,3

GEOLOGI

Secara regional, geologi daerah Bonjol merupakan bagian dari Peta Geologi Lembar Lubuk Sikaping dan Padang skala 1:250.000 (Rock dkk., 1983; Kastowo dkk., 1996) (Gambar 2). Runtunan batuan sedimen Formasi Kuantan dan Anggota Batugamping Kelompok Tapanuli, berumur Karbon merupakan batuan tertua yang tersingkap di daerah ini (Kastowo dkk., 1996). Formasi ini secara tidak selaras ditutupi oleh Formasi Sihapas berumur Miosen. Porfir Mangani berumur Miosen Akhir – Pliosen menerobos batuan yang lebih tua dan tertindih oleh Batuan Gunung Amas berumur Miosen Tengah.

Secara lokal, Kavalieris (1986) telah melakukan

beberapa lintasan geologi di daerah Balimbing dan sekitarnya (Gambar 3). Batuan tertua yang tersingkap di daerah ini terdiri atas batuan piroklastika dan lava berkomposisi riolit biotit. Batuan ini telah terkersikkan sangat kuat, mengandung urat kuarsa berukuran milimeter dan pirit tersebar, dan merupakan batuan induk cebakan emas di daerah ini. Tuf riolit, abu putih-kecoklatan, berbutir halus, sebagian lapuk, berubah, setempat memperlihatkan tekstur sperulit (*spherulitic*) dan struktur pola (*banding*), terkekarkan dan tersilikifikasi yang sangat kuat sekali. Mineral pirit umumnya tersebar dalam tuf riolit ini, bahkan mengisi rongga tekstur sperulit. Dalam batuan ini berkembang breksi hidrotermal dan urat kuarsa. Breksi hidrotermal berwarna abu kehitaman,

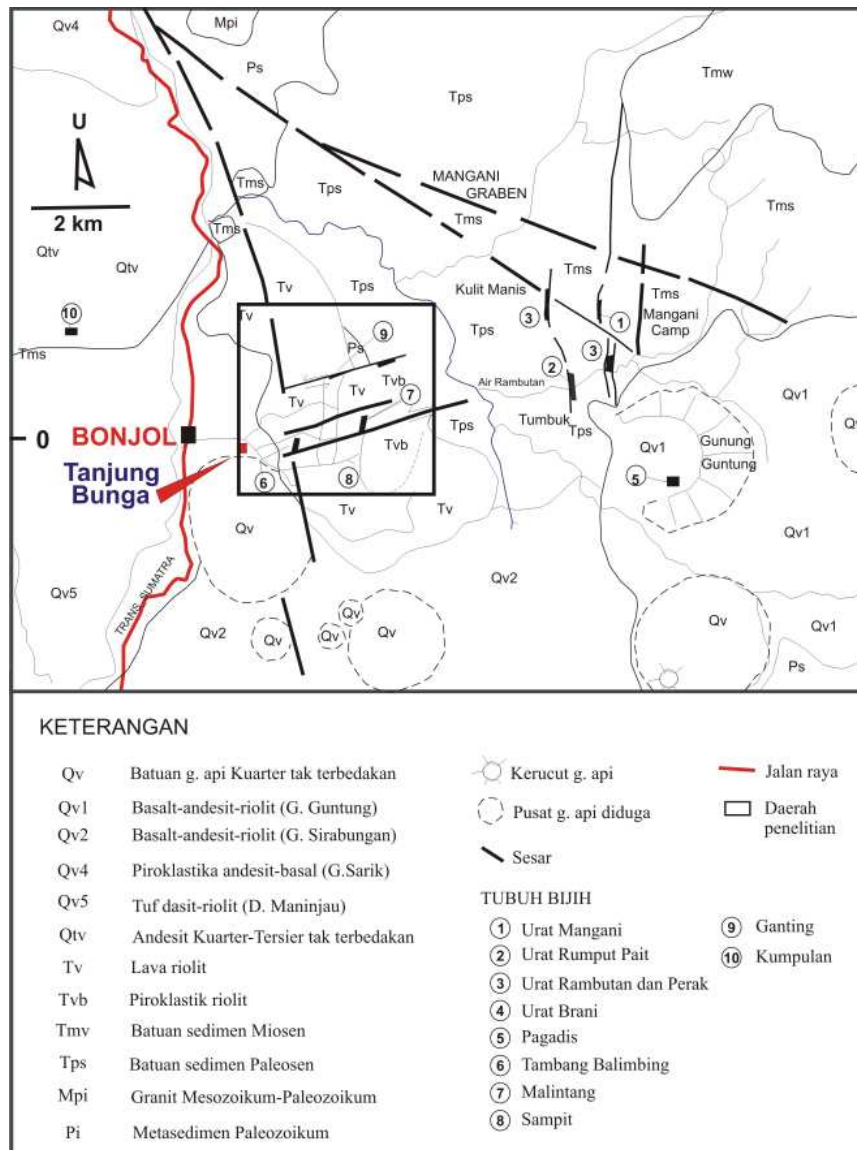


Gambar 2. Peta geologi daerah penelitian dan sekitarnya (Rock dkk., 1983).

keras dan padat; terdiri atas komponen mineral bijih (pirit), silika masif, silika berbutir sangat halus (kalsedon, opalan), yang tertanam dalam massa dasar silika berbutir halus. Komponen umumnya bersudut tanggung dengan diameter berkisar dari beberapa milimeter sampai 2 cm, kadang-kadang mencapai 4 cm.

Sebelah timur prospek Bonjol dikuasai oleh batuan sedimen kontinen berumur Paleosen (Ha-

rris, 1986). Sebaliknya, di bagian selatan dikuasai oleh batuan gunung api tidak terpisahkan berumur Kuartar, umumnya, terdiri atas basal dan andesit dan sedikit riolit. Batuan termuda yang tersebar di sekitar kota Bonjol adalah gunung api berkomposisi dasit – riolit berwarna putih abu-abu, tersusun oleh abu, lapili gunung api dan pumis; sebagai produk dari letusan pusat Gunung Api Maninjau yang berumur 0,28 juta tahun (Kastowo dkk., 1996).



Gambar 3. Peta geologi rinci daerah Bonjol dan sekitarnya (Kavaleries, 1986).

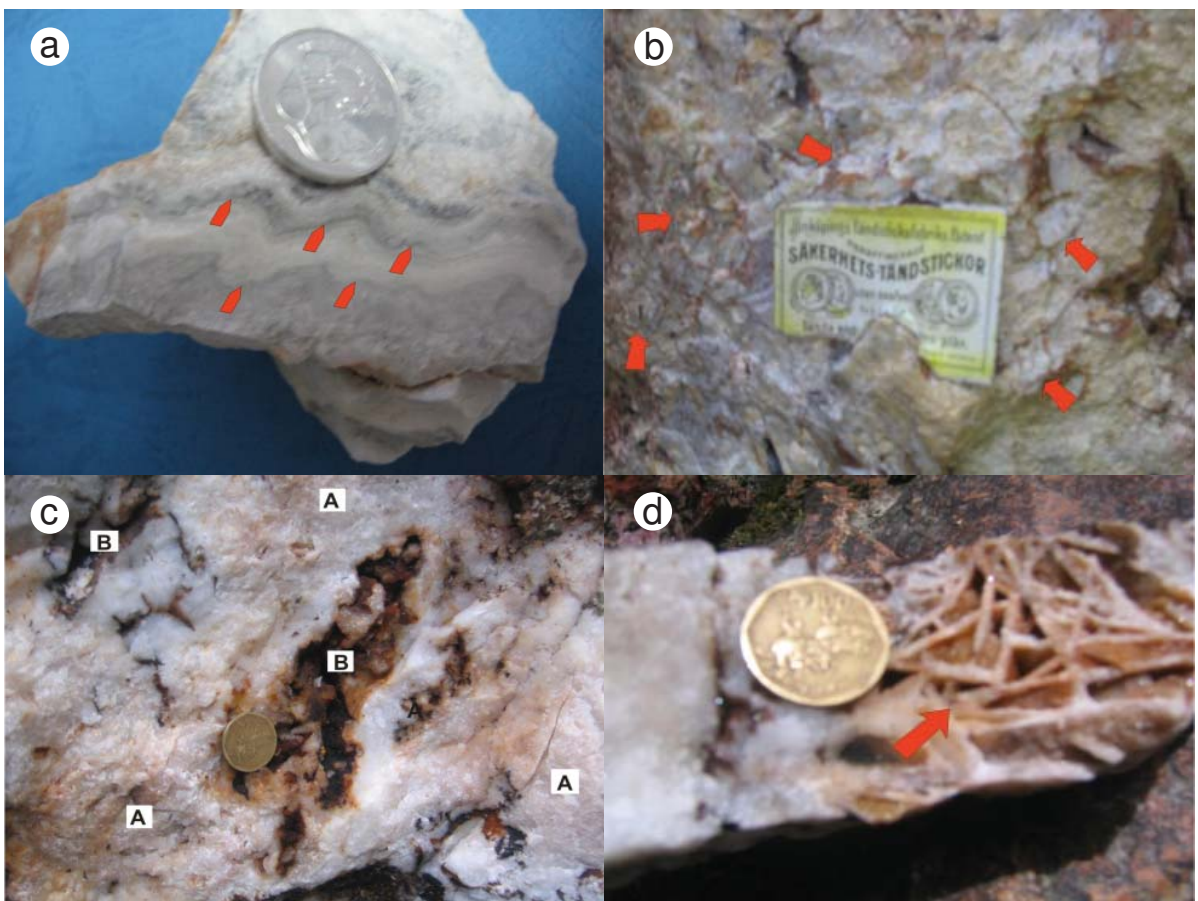
UBAHAN HIDROTERMAL

Mineral ubahan yang umum dijumpai adalah kuarsa, epidot, dan klorit. Kuarsa merupakan mineral ubahan/gang yang sangat berlimpah. Kuarsa, abu-abu keputihan, sangat keras, berbutir sangat halus, kristal tumbuh, dan opal. Urat kuarsa ini terdapat dalam tuf riolit terubah membentuk urat yang sangat halus (*veinlet*) sampai beberapa sentimeter bahkan mencapai sepuluh meter. Kuarsa sebagai mineral ubahan hidrotermal, umum memperlihatkan tekstur yang kompleks. Tekstur kuarsa yang umum dijumpai adalah pejal, berlubang, tekstur berongga (*silica pseudomorphs after bladed calcite (lattice texture)*), buah anggur, kristal tumbuh, sisir, breksiasi, *banding/colloform*, dan *crackle breccia* (Gambar 4a-d).

Mineral ubahan selain yang telah diuraikan di atas, sebegitu jauh, sangat sulit diamati di lapangan. Namun, setelah dilakukan analisis mineral ubahan dengan metode ASD dan XRD (Tabel 1 dan 2), jenis mineral ubahan yang dapat terdeteksi adalah zirkon, ilit, dikit, monmorilonit, kaolinit, smektit, natrolit, nontronit, kalsit, haloisit, paligorskit, muskovit, spilit, analsim, heulandit, klino-klor, zoisit, laumontit, alunit, biotit, dan erionit.

MINERALISASI

Cebakan emas Bonjol terdiri atas beberapa tubuh bijih (Gambar 3) yang ditemukan pada daerah tambang Balimbing, Malintang, Lubang Sampit,



Gambar 4. (a) Tekstur *banding/colloform* dalam urat kuarsa yang ditunjukkan oleh tanda panah; (b) Urat kuarsa memperlihatkan *crackle breccia* yang ditunjukkan oleh tanda panah; (c) Tekstur pejal (A) dan *vuggy* (B) dalam urat kuarsa; (d) Tektur *bosa/bladed calcite* (tanda panah) dalam urat kuarsa.

Lubang Belanda (Harris, 1986; Tarmizi dan Saad, 1986; Kavalieris dkk., 1987). Daerah-daerah inilah yang menjadi fokus penelitian.

Seperti telah diuraikan sebelumnya bahwa mineralisasi yang dijumpai di daerah ini didominasi oleh emas yang ditandai oleh pirit yang berlimpah. Mineral lain dengan jumlah sedikit adalah magnetit, kalkopirit, mangan, hematit, sfalerit dan mineral supergen berupa kovelit, hematit, dan jarosit. Mineral-mineral inipun sangat jarang dijumpai dan hanya setempat-setempat saja.

Pirit sangat umum dijumpai di daerah ini dan kehadirannya dapat berupa urat, komponen dan tersebar atau mengisi rongga. Berdasarkan penampakan warna dan bentuknya dalam mikroskop, pirit ini umumnya dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu pirit berwarna abu-abu buram (Gambar 5a) dan pirit yang berwarna kuning pucat (Gambar 5b). Umumnya, pirit memperlihatkan tekstur penggantian akibat proses oksidasi, setempat memperlihatkan tekstur bercabang (*branching*) (Gambar 5b) dan hancuran (*fracturing*). Magnetit berwarna abu-abu kecoklatan, umumnya tidak membentuk, subkristal dan juga mengisi rongga serta memperlihatkan tekstur *lamellae*. Kalkopirit berwarna kuning, tidak membentuk kristal yang baik dan hanya terdapat dalam beberapa percontoh saja. Pada umumnya, kalkopirit telah mengalami oksidasi kuat baik sebagian maupun keseluruhan yang dicirikan dengan perubahan warna yang mencolok (merah kecoklatan) dan sebagian digantikan oleh kopelit sekunder. Mineral mangan yang dijumpai berupa manganit dan pirolusit. Manganit berwarna abu-abu dan mengisi rongga. Sebaliknya pirolusit, berwarna putih abu-abu, memperlihatkan tekstur radial/*colloform* yang sangat baik (Gambar 5c). Markasit, abu-abu, tidak membentuk kristal yang baik dan memperlihatkan bentuk radial (Gambar 5d). Sfalerit, abu-abu agak gelap, tidak memperlihatkan kristal yang baik dan tersebar sangat sedikit sebagai jejak saja.

Emas dijumpai dalam urat kuarsa yang telah teroksidasi dengan ukuran tidak lebih dari 5 milimeter (Gambar 5e). Emas berwarna kuning mengkilap/kuning emas, berbutir sangat halus, mengisi rongga dan tidak menunjukkan bentuk kristal yang sempurna (*colloform*) dan butiran (Gambar 5f). Nampaknya, emas berasosiasi dengan perak. Sebagitu jauh, emas sangat sulit untuk dilihat dengan

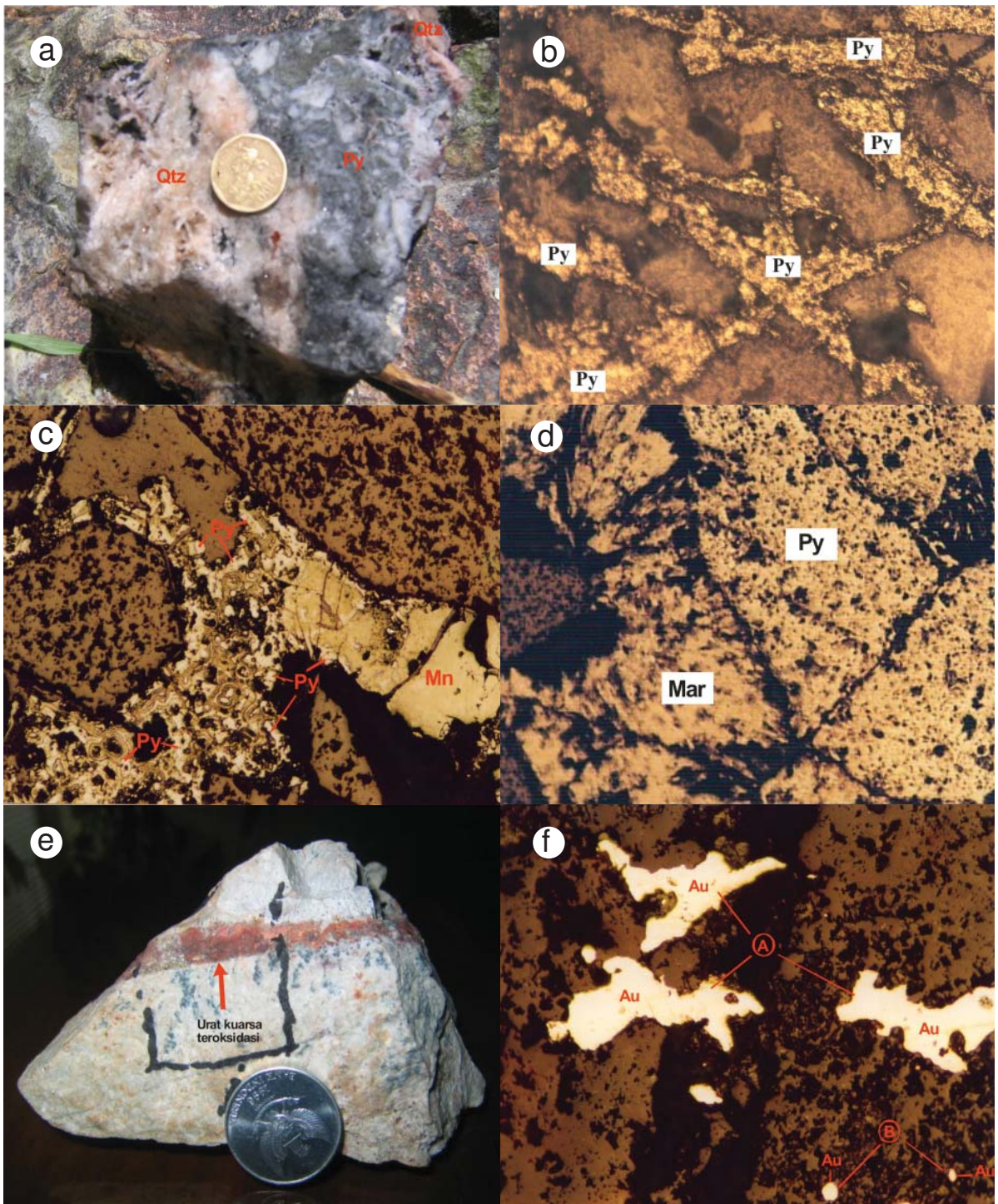
mata, kecuali pengamatannya di bawah mikroskop. Emas hanya dijumpai dalam beberapa contoh saja dengan kandungan kurang dari 0,5%, yaitu di tubuh Malintang.

Dari pengamatan mineragrafi dapat diketahui urutan kristalisasi mineral bijih yang diuraikan di atas. Mineral yang terbentuk lebih awal adalah magnetit, kemudian diikuti oleh pengendapan mangan dan pirit; selanjutnya diikuti pengendapan kalkopirit, sfalerit, dan emas (Gambar 6). Pengendapan emas berdasarkan kisaran temperatur ($< 200^{\circ}\text{C}$) menurut (PT. Robertson Utama Indonesia, 1996) karena tidak dijumpai asosiasi mineral lainnya dalam percontoh yang sama. Markasit diendapkan dalam fase terakhir. Proses supergen menyebabkan terbentuknya tekstur penggantian dalam pirit oleh mineral supergen berupa kopelit, hematit, dan jarosit.

PEMBAHASAN

Hasil analisis ubahan hidrotermal yang terdapat di daerah prospek Bonjol ini sangat bervariasi dari subpropilik, argilik, dan argilik lanjut. Subpropilik ditandai oleh hadirnya mineral-mineral berupa silika, klorit, epidot, zirkon, kalsit, zoisit, klino-klor, heulandit, laumontit, natrolit, analsim, dan erionit. Ubahan argilik dicirikan oleh munculnya silika, jenis mineral lempung (ilit, dikit, monmorilonit, kaolinit, smektit, nontronit, haloisit, paligorskit, dan sepiolit) dan mika putih (muskovit), sedangkan argilik lanjut dicirikan oleh hadirnya alunite. Kehadiran mineral ubahan ini serta jenis mineralogi (Au dan Ag dan sedikit logam dasar) yang dijumpai dalam cebakan emas Bonjol sangat mirip dengan cebakan emas epitermal sulfida rendah di tambang emas Lebong Donok, Bengkulu (Jobson dkk., 1994); Masupa Ria, Kalimantan Tengah (Thompson dkk., 1994); Batang Toru, Sumut (Brian dkk., 2004); Muyup, Kalimantan Timur (Van Leuwen, 1994); Pongkor, Jawa Barat (Basuki dkk., 1994; Marcoux dkk., 1996), Hishikari, Jepang (Izawa dkk., 1990), Golden Cross, New Zealand (Lawless dkk., 1988) dan Creede, Colorado (Steven and Eaton, 1975).

Tekstur kuarsa berupa *bladed* kalsit, sisir, berlubang, buah anggur, perulangan perlapisan, berlapis dan *colloform* sangat menonjol terdapat di daerah cebakan emas Bonjol ini. Tekstur tersebut



Gambar 5. (a) Urat pirit (Py) menggantikan urat kuarsa (Qtz); (b) Tektur bercabang (*branching*) yang diperlihatkan oleh pirit (Py) (Perbesaran 40x); (c) Fotomikrograf memperlihatkan manganit-Mn (abu kecoklatan - kekuningan) digantikan oleh pirit (Py) (Perbesaran 40x); (d) Fotomikrograf memperlihatkan pirit (Py) dan markasit (Mar) (Perbesaran 40x); (e) Urat kuarsa teroksidasi (merah kecoklatan) berukuran 5 milimeter yang diduga mengandung emas; (f) Fotomikrograf memperlihatkan emas (Au) berbentuk koloform (A) dan butiran (B) dalam urat kuarsa teroksidasi (dari gambar e, perbesaran 40x).

Mineral Bijih	Awal -----<paragenesis>-----Akhir
Magnetit	-----
Mangan	-----
Pirit	-----
Kalkopirit	-----
Sfalerit	-----
Markasit	-----
Emas	? ----- ?
Kovelit, hematit, Jarosit	-----
	300°C-----<suhu>-----0°C

Gambar 6. Paragenesis mineral bijih di daerah cebakan emas Bonjol (Interval suhu menurut PT. Robertson Utama Indonesia, 1996).

menunjukkan ciri utama untuk cebakan epitermal sulfida rendah (Corbett and Leach, 1995). Selain itu, kehadiran tekstur *bladed* kalsit menunjukkan bahwa proses hidrotermal di daerah ini mengalami pendidihan (*boiling*). Pendidihan sangat umum terjadi dalam epitermal sulfida rendah. Saat pendidihan, terjadi pengendapan emas yang sangat efektif yang diikuti oleh penurunan temperatur (Henley, 1985).

Hasil pengamatan mineralogi menunjukkan adanya emas, logam dasar (kalkopirit dan sfalerit), magnetit, markasit, dan mangan. Analisis kelimpahan unsur menunjukkan adanya kandungan Au, Ag, Cu, Pb, Zn, dan As (Table 3). Kandungan emas berkisar dari < 1,0 ppm, (0,01- 0,9 ppm); > 10 ppm (2,8), >100 ppm (43,5) dan > 1000 (3631,2 ppm). Kandungan perak berkisar dari <10 - 417,2 ppm. Kandungan Pb (timbal) dan seng (Zn) masing-masing berkisar dari >10 - 15,0 ppm dan >10 - 54,2 ppm, sedangkan kandungan arsen (As) berkisar dari >10 - 26,7 ppm. Perbandingan kandungan emas dan perak serta adanya mangan menunjukkan epitermal sulfida rendah (Corbett and Leach, 1995). Hal ini ditunjang pula dengan kandungan logam dasar (Cu, Pb, dan Zn) yang sangat rendah (< 100 ppm).

Secara umum, proses terbentuknya cebakan epitermal selalu terdapat dalam tataan pertemuan tepi lempeng, sehingga muncul kegiatan gunung api bersifat alkali, andesit dan felsik (Berger and Henley, 1989; Berger and Bonham, 1990; Sillitue, 1989). Kegiatan gunung api bersifat felsik berhubungan dengan anomali aliran panas yang dihasilkan oleh intrusi litosfer di lingkungan busur belakang,

seperti yang dijumpai dalam batuan Gunung Api Taupo (New Zealand) (Henley and Hoffman, 1987) dan lingkungan pemekaran seperti di Great Basin Utara, Nevada (Noble dkk., 1988). Mineralisasi epitermal selalu berasosiasi dengan perkembangan kaldera atau pusat gunung api (Steven and Lipman, 1976; Bronto dan Hartono, 2003; Bronto dan Hartono, 2006). Oleh karena itu, tipe cebakan epitermal merupakan fungsi bentuk gunung api, seperti kaldera, gunung api strato, dome atau tipe *maar-diatreme* (Berger and Henley, 1989). Cebakan emas epitermal bonanza berhubungan erat dengan struktur utama regional (Henley, 1991). Di Hishikari (Jepang), kontrol struktur regional sistem pembentukan bijih berhubungan erat dengan struktur akibat pengaktifan kembali rekahan *shears* di bagian bawah kerak, sehingga membentuk struktur bunga (*flower structure*).

Begitu pula, kondisi terbentuknya batuan gunung api Formasi Gunung Amas, sangat mirip seperti yang terjadi di Taupo (New Zealand) (Lawless dkk., 1995) dan Hishikari (Jepang), baik dari segi tektonik maupun struktur. Munculnya Formasi Gunung Amas berupa piroklastika dan leleran (tuf riolit, riolit, dan dasit) pada Miosen Awal ($9,3 \pm 0,4$ - $11,9 \pm 1,0$ juta tahun) yang termasuk tipe gunung api strato dan mineralisasi, sangat erat kaitannya dengan aktivitas pembentukan Sesar Besar Sumatera. Terbentuknya batuan yang bersifat felsik Formasi Gunung Amas diduga disebabkan adanya intrusi granit ($6,6 \pm 4,0$ juta tahun) karena reaktivitas Sesar Sumatera tersebut, sehingga memberi peluang untuk munculnya

larutan hidrotermal.

Cebakan emas Bonjol yang terdiri atas beberapa tubuh bijih (Malintang, Balimbing, Lubang Sempit, Lubang Belanda, dan Lubang Perak) sangat menarik untuk dipelajari, khususnya data geokimia terperinci tentang alterasi dan asosiasi mineral/mineralogi bijihnya belum pernah dilaporkan. Dengan demikian, data tersebut di atas merupakan temuan baru di daerah ini. Sebaliknya, belum tersedia data, baik produksi maupun proses pembentukan tubuh bijih lainnya, kecuali tubuh Balimbing (Grey, 1935 dalam van Bemmelen, 1949). Oleh karena itu, cebakan emas Bonjol masih memerlukan penelitian lanjut, misalnya mengetahui paleotermal serta larutan hidrotermal, kedalaman, serta perbandingan kandungan emas dan perak.

Dari jenis ubahan, mineralogi, dan tekstur yang dijumpai dalam urat kuarsa serta rasio kandungan emas dan logam dasar, maka dapat disimpulkan bahwa cebakan emas di daerah ini memperlihatkan indikasi ke arah tipe epitermal sulfida rendah yang terbentuk di daerah distal.

KESIMPULAN

Mineralisasi epitermal emas Bonjol terdapat dalam batuan gunung api terubah Formasi Gunung Amas. Jenis ubahan yang dijumpai berupa subpropilik (silika, klorit, epidot, zirkon, kalsit, zoisit, kloro-klor, laumontit, natrolit, analim, dan erionit), argilik (silika, illit, dikit, monmorilonit, kaolinit, smektit, nontronit, haloisit, paligorskit, muskovit, spilit, heulandit, dan laumontit) dan argilik lanjut (alunit). Cebakan emas Bonjol termasuk jenis urat dengan ukuran berkisar dari beberapa millimeter sampai 10 meter. Mineral bijih didominasi oleh pirit dan sedikit magnetit, hematit, sfalerit, kalkopirit, manganit, emas, dan kovelit sekunder. Mineral logam yang ekonomis adalah emas. Hasil analisis emas di daerah ini mencapai lebih dari 3000 ppm (0,3%). Proses pembentukan Formasi Gunung Amas berlangsung pada Miosen Awal ($9,3 \pm 0,4$ – $11,9 \pm 1,0$ juta tahun dan diduga berkaitan erat dengan kegiatan Sesar Besar Sumatera. Selain sebelumnya telah terjadi mineralisasi, proses ubahan dan mineralisasi kemungkinan diperkaya oleh adanya larutan hidrotermal yang berasal dari terobosan granit yang berumur $6,5893 \pm$

4,0 juta tahun. Dari ciri ubahan hidrotermal, tekstur, dan mineralogi bijih, daerah termineralisasi emas Bonjol memperlihatkan indikasi jenis epitermal sulfida rendah yang terjadi di daerah distal.

Ucapan Terima Kasih—Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua ahli geologi yang telah berpartisipasi di lapangan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Proyek Penelitian Mineral Bijih Busur Magmatik Sumatera (MBBm) (PSG) karena semua data yang dikompilasi dalam tulisan ini berasal dari proyek tersebut. Kepada para penyelia dari Laboratorium PSG yang telah membantu menganalisis data untuk tulisan ini, penulis ucapkan terima kasih.

ACUAN

- Abidin, H.Z. dan Harahap, B.H., 2005. Laporan penelitian geologi dan petrologi di daerah Bonjol dan sekitarnya. Pusat Survei Geologi. Tidak terbit.
- Abidin, H.Z., Harahap, B.H., dan Elhami, Y., (dalam proses). Pb-Zn-Ag deposit at Tanjung Balit, Limapuluh Kota Regency, West Sumatra. Joint Convention Bali 2007. *The 32th HAGI and IAGI Annual Convention and Exhibition*. Patra Bali, 19-22 November 2007.
- Almaden Minerals, 2007. Vein systems and types of deposits. <http://www.almadenminerals.com/geoskool/vein-systems.html>
- Bambang, S. dan Yudawinata, K., 2001. Review of mineralization along the Sunda - Banda magmatic arc. International on marginal field development Seminar. Sheraton Hotel, Bandung. Direktorat Inventarisasi Mineral. h. 1-12.
- Basuki, A., Aditya S.D., and Sinambela, D., 1994. The Gunung Pongkor gold-silver deposit. West Java, Indonesia. *J. Geochem. Explor.* 50. h. 371-391.
- Berger, B.R. and Henley, R.W., 1989. Recent advances in the understanding of epithermal gold-silver deposits-with special reference to the western United States. *Econ. Geol. Monograph*, 6, h. 405-423.
- Berger, B.R. and Bonham, H.F., Jr., 1990. Epithermal Au-Ag deposits in the western United States. *J. Geochem. Explor.* 36, h. 103-142.
- Bonham, H.F., Jr., 1986. Models for volcanic-hosted epithermal precious metal deposits: A review. *Proceedings Symp. 5: Volcanism hydrothermal systems and related mineralization*, I.A.V.C.E.I., Hamilton. h. 13-18.
- Brian, L., Martin, J., and Bronto, S., 2004. The Purnama gold deposit in the Martabe District of North Sumatera, Indonesia. Dalam persiapan. *Laporan Internal PT. Horas Nauli*. Tidak terbit.
- Bronto, S. dan Hartono, U., 2003. Strategi penelitian emas berdasarkan konsep pusat Gunung Api. *Prosiding Kolokium Energi dan Sumber Daya Mineral* 2003,

- Balitbang ESDM, Bandung, h. 172-289.
- Bronto, S. dan Hartono, U., 2006. Potensi sumber daya geologi di daerah cekungan Bandung dan sekitarnya. *Jurnal Geologi Indonesia*, 1, h. 9-18.
- Carlile, J.C. and Mitchell, A.H.G., 1994. Magmatic areas and associated gold and copper mineralization in Indonesia. In T.M. Van Leeuwen, J.W. Hedenquist, L.P. James and J.A.S. Dow (eds.). Indonesian Mineral Deposits- Discoveries of the past 25 years. *J. Geochem. Explor.*, 90, h. 91-142.
- Corbett, G.J. and Leach, T.M., 1995. S.W. Pacific Rim Au/ Cu Systems: Structure, Alteration and Mineralization. 148 h.
- Crow, M.J. and Van Leeuwen, T.M., 2005. Metallic mineral deposits. Sumatra, geology, Resources and Tectonic evolution. *Geol. Surv. Memoir*, 31, h. 147-174.
- Grey, D.W.J., 1935. Note on Balimbing Mine, west coast of Sumatra. *Bull. Inst. of Mining and Metallurgy*, h. 1-2.
- Hamilton, W. 1979. Tectonic of the Indonesian Region, *U.S.G.S. Prof. Paper 1078*.
- Haiba, D.O., Bethke, P.M., Heald, P., and Foley, N.K., 1985. Geologic, Mineralogic, geochemical characteristics of volcanic-hosted epithermal precious metal deposits. In *Geology and Geochemistry of epithermal Systems*; eds.
- Berger, B.R. and Bethke, P.M. *Reviews in Economic Geology*, Soc. Econ. Geol., 2, h.129-168.
- Harris, L., 1986. Structural control of epithermal gold mineralization in the Mangani and Balimbing areas, Sumatra, Indonesia. 246 Barker Road Subiaco 6008, Western Australia. Tidak diterbitkan.
- Heald, P., Foley, N.K., and Hayba, D.O., 1987. Comparative anatomy of volcanic -hosted epithermal deposits: acid sulfate and adularia-sericite types. *Econ. Geol.* 82, h. 1-26.
- Henley, R.W., 1985. Ore transportation and deposition in epithermal environments. Proceeding Symposium on stable isotope and fluid processes in mineralization. *Geol. Soc. Aust. Spec. Publ.* 33h.
- Henley, R.W. and Hoffman, C.F., 1987. Gold: sources. *Proc. Pacific Rim Congress 87. Aust. Inst. Min. Met.* h. 159-168.
- Henley, R.W., 1991. Epithermal gold deposits in volcanic terranes in *Gold Metallogeny and Exploration*. Ed. R.P/ Foster. Blackie, h. 133-159.
- Sillitue, R.H., 1989. Gold deposits in western Pacific island arcs: the magmatic connection. In: *Geology Monograph 6*, The Geology of Gold deposits: The Prospective in 1988: h. 274-291.
- Izawa, E., Urashima, Y., Ibaraki, K., Suzuki, R., Yokohama, T., Kawasaki, K., Koga, A., and Taguchi, S., 1990. The Hishikari gold deposit: high grade epithermal veins in Quaternary volcanics of Southern Kyushu, Japan. In *Epithermal gold mineralization of the Circum Pacific* eds. Hedenquist, White and Siddeley. *J. Geochem. Explor.* v. 35, No. 1-3, h. 1-56.
- Jobson, D.H., Boulter C.A., and Foster, R.P., 1994. Structural control and genesis of epithermal gold-bearing breccias at Lebong Tandai mine, Western Sumatra, Indonesia. *J. Geochem. Explor.* V. 50, h. 409-428.
- Kastowo, Leo, G.W., Gafoer, S. dan Amin, T.C., 1996. *Peta Geologi Lembar Padang Sumatera, skala 1:250.000*. Puslitbang Geologi, Bandung.
- Katili, J.A., 1973. Volcanism and plate tectonics in the Indonesian Island Arc. *Tectonophysics*, 26, h. 165-188.
- Kavalieris, I., 1986. Geology of Balimbing. C.S.P. Ltd Report (Unpubl.).
- Kavalieris, I., Turney, D.J., and Heesterman, I.J., 1987. The geology and mineralization of the Mangani mine, Sumatra, Indonesia. In: Pacific Rim Congress 87. *Aust. IMM*, Parkville, h. 221-225.
- Lawless, J.V., White, P.J., and Bogie, I., 1995. Tectonic features of Sumatra and New Zealand in relation to active and fossil hidrothermal systems: a comparison. Pacrim95. Proceedings International Congress on Earth Science, Exploration and mining around Pacific Rim. *AIMM.*, p. 311-316.
- Marcoux, E. and Milesi, J.P., 1994. The epithermal gold deposits in West Java, Indonesia: geology, age and crustal source. In: T.M. van Leeuwen, J.W. Hedenquist, L.P. Jams and J.A.S Dow (eds.). Indonesian Mineral Deposits- Discoveries of the past 25 years, Journ. Geochem. Explor. 50. h. 393-408. Ag- (Mn) deposit of Pongkor (West Java, Indonesia). *Indonesia Mining Journal*, Vol. 2, No. 3. h. 1-14.
- Marcoux, E., Milesi, J.P., Sitorus, T. and Simanjuntak, M., 1996. The epithermal Au-Ag- (Mn) deposit of Pongkor (West Java, Indonesia). *Indonesia Mining Journal*, Vol. 2, No. 3. h.1-14.
- Moore, G.F. and Karig, D.E., 1982. Structural geology of Nias Island, Indonesia: Implications for subduction and tectonics. *Amer. J. Sci.* 280, p. 193-223.
- Morisson, G.W., Rose, W.J., and Jaireth, S., 1990. Geological and gechemical controls on the silver content (fiennes) of gold in gold-silver deposits. *Ore Geology Reviews*, 6, p. 333-364.
- Noble D.C., McCormack, J.K., McKee, E.H., Silberman, M.L., and Wallace, A.B., 1988. Time of mineralization in the evolution of of the McDermitt caldera complex, Nevada-Oregon and teh relation of Middle Miosen mienralization in the northehrn Great Basin to cueval regional basaltic mangatic activity. *Econ. Geol.* 83, p. 859-863.
- PT. Robertson Utama Indonesia, 1996. *An Introduction to Geothermal Systems: Notes to Accompany Lecture Course in Assosiation with PT Robertson Utama Indonesia*, Kingston Morrison Ltd., Jakarta.
- Rock, N.M.S., Aldiss, D.T., Aspden, J.A., Clarke, M.C.G., Djunuddin, A., Kartawa, W., Miswar, Thompson, S.J., dan Whandoyo, R., 1983. *Peta Geologi Lembar Lubuksikaping, Sumatera, skala 1:250.000*. Puslitbang Geologi, Bandung.
- Steven, T.A. and Lipman, P.W., 1976. Calderas of the San Juan volcanic field, Southwestern Colorado. *US Geol.*

- Surv. Prof. Paper* 958, 35h.
- Steven., T.A. and Eaton, G.P., 1975. Environment of ore deposition in the Creede mining district, San Juan Mountain, Colorado: Geologic, hydrologic and geophysical setting. *Econ. Geol.* 70, h.1023-1030.
- Tarmizi, S., and Saad, H., 1986. Balimbing gold and silver prospect, Bonjol, West Sumatra, Republic of Indonesia. *Indonesian Mining Industry Conference*, Paper 22.
- Thompson, J.F.H., Abidin, H.Z., Both, R., Martosuroyo, R., Rafferty, W.J. and Thompson, A.J.B, 1994. Alteration and epithermal mineralization in the Masupa Ria volcanic center, Central Kalimantan, Indonesia. In. : T.M. van Leeuwen, J.W. Hedenquist, L.P. James and J.A.S. Dow (editors), Indonesian Mineral Deposits-Discoveries of the Past 25 years. *J. Geochem. Explor.*, 50: 429-455.
- Van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*. Government Printing Office, The Hague, 732h.
- Van Leeuwen, T.M., 1994. 25 Years of mineral exploration and discovery in Indonesia. In. : T.M. van Leeuwen, J.W. Hedenquist, L.P. James and J.A.S.
- Dow (editors), Indonesian Mineral Deposits-Discoveries of the Past 25 years. *J. Geochem. Explor.*, 50 : 13-90.
- White, N.C. and Hedenquist, J.W., 1990. Epithermal environments and styles of mineralization: Variations and their causes, and guidelines for exploration: *J. Geochem. Explor.*, 36, p. 445-474.
- Woods, B.G.M., 1985. The mechanic of progressive deformation in crystal plate: A waning modal from Southeast Asia. *Geol. Soc. Malaysia Bull.* 18, h. 55-99.
- Westerveld, J., 1952. Phases of mountain building and mineral provinces in the East Indies: Internat. Geol. Congr. Report 8th session. Great Britain 1948, Part XIII. H. 245-255.